

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 10 月 28 日 (28.10.2004)

PCT

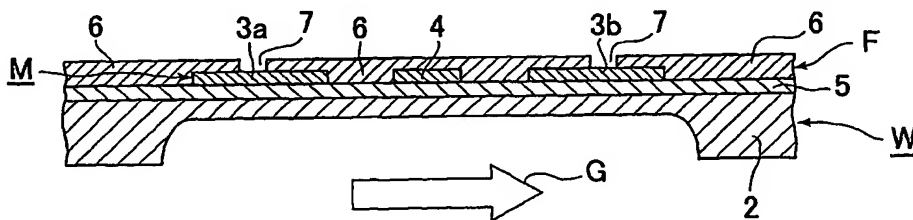
(10) 国際公開番号
WO 2004/092688 A1

- (51) 国際特許分類: G01F 1/68
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001519
- (22) 国際出願日: 2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2003-112090 2003 年 4 月 16 日 (16.04.2003) JP
- (74) 代理人: 杉本 丈夫 (SUGIMOTO, Takeo); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜 2 丁目 1 番 2 1 号 北浜カ
タノビル Osaka (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式
会社フジキン (FUJIKIN INCORPORATED) [JP/JP];
〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀 2 丁目 3 番 2 号
Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 池田 信一

[続葉有]

(54) Title: THERMAL TYPE MASS FLOW RATE SENSOR MADE OF CORROSION RESISTANT METAL, AND FLUID SUPPLY EQUIPMENT USING THE SAME

(54) 発明の名称: 耐食金属製熱式質量流量センサとこれを用いた流体供給機器



(57) Abstract: A thermal type mass flow rate sensor made of corrosion resistant metal, enhancing the corrosion resistance of the thermal type mass flow rate sensor, improvement in responsivity, and making possible freedom from particles, prevention of variation in product quality, etc.; and fluid supply equipment using the same. Specifically, a thermal type mass flow rate sensor is composed of a sensor (1) comprising a corrosion resistant metal substrate (2) formed as a thin sheet on the back surface of a corrosion resistant metal material (W) by application of electrolytic etching, and a thin film (F) forming a temperature sensor (3) and a heater (4) disposed on the back surface of the corrosion resistant metal substrate (2), and a sensor base (13) hermetically fixed by laser-welding the outer peripheral surface of the corrosion resistant metal substrate (2) of the sensor (1) fitted in an attaching groove (13a).

(57) 要約: 熱式質量流量センサの耐食性を高めると共に、応答性の向上、パーティクルフリー及び製品品質のバラツキの防止等を可能にした耐食金属製熱式質量流量センサとこれを用いた流体供給機器を提供するものである。具体的には、熱式質量流量センサを、耐食性金属材料Wの裏面側に電解エッチングを施して薄板に形成した耐食性金属基板2及び当該耐食性金属基板2の裏面側に設けた温度センサ3と加熱用ヒータ4を形成する薄膜Fから成るセンサ部1と、取り付け溝13a内へ嵌合した前記センサ部1の耐食性金属基板2の外周縁をレーザ溶接により気密状に固着したセンサベース13とから構成する。



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

耐食金属製熱式質量流量センサとこれを用いた流体供給機器

技術分野

- 本発明は、半導体製造装置のガス供給ライン等における質量流量の検出に主として用いられるものであり、センサ部の接ガス面を全てステンレス鋼（S U S 3 1 6 L）等の耐食性を有する金属材により形成し、腐食性の強い流体に対しても優れた耐食性を具備すると共に、パーティクルフリー及びリークフリーの達成を可能とした耐食金属製熱式質量流量センサとこれを用いた流体供給機器に関するものである。

10 背景技術

従前から化学分析装置等の技術分野に於いては、流体の質量流量測定用として、キャピラリー型熱式質量流量センサやマイクロマシン技術によるシリコン製超小型熱式質量流量センサが多く利用されている。

- ところで、前者のキャピラリー型熱式質量流量センサは、その構造からしてセンサの接ガス面をステンレス鋼で形成することが出来るため、被測定流体に対する耐食性を容易に高めることが出来ると言う特徴を有している。

しかし、このキャピラリー型熱式質量流量センサは、キャピラリーチューブを加熱するために加熱ヒータ用抵抗線の巻き付けを必要とする。そのため、個々の製品センサ間に特性上のバラツキが生じやすいと言う問題がある。

- また、キャピラリーチューブやヒータ用抵抗線の熱容量が比較的大きいため、質量流量センサの応答速度が低いと言う問題もある。

- 一方、近年所謂マイクロマシン技術の発展に伴って、後者のシリコン製超小型熱式質量流量センサの開発並びに利用が拡大して来ており、化学関係分野のみならず、自動車等の機械工業の分野に於いても広く利用に供されている。何故なら、このシリコン製超小型熱式質量流量センサは、一括処理により製造が可能なことから個々の製品センサ間の特性上のバラツキが少ないだけでなく、小型化によって熱容量が小さくなっていて、センサとしての応答速度が極めて高いという優れた特徴を有しているからである。

しかし、当該シリコン製超小型熱式質量流量センサにも解決すべき多くの問題

点が残されており、その中でも特に解決を急がれる問題は耐食性の点である。即ち、このシリコン製超小型熱式質量流量センサでは、接ガス面の構成材としてシリコンを使用しているため、ハロゲン系等の流体によって容易に腐食されると云う基本的な難点が存在する。

- 5 また、この質量流量センサでは、シール材としてエポキシ樹脂やＯリング等の有機材が用いられているため、パーティクルの放出や外部リークの発生が避けられず、その結果、半導体製造装置のガス供給ライン等へは適用することが出来ないと云う問題がある。

- 一方、上記シリコン製超小型熱式質量流量センサの有する問題点を解決するため、これ迄にも様々な技術が開発されている。

- 例えば特開２００１－１４１５４０号や特開２００１－１４１５４１号等では、図１８に示すようにシリコン基板ＡからなるフレームＤの上面に形成した膜Ｅの最外層に防湿層Ｅ_６を設け、これによって膜Ｅの安全性を高めるようにしている。尚、図１６に於いて、Ｅ_１～Ｅ_３は膜Ｅを形成する酸化ケイ素層、Ｅ_４は窒化ケイ素層、Ｅ_５は白金属、Ｃはリード接続用金具である。

[特許文献１]

特開２００１－１４１５０号公報

[特許文献２]

特開２００１－１４１５４１号公報

- 20 発明が解決しようとする課題

- ところで、上記図１８に示すシリコン製超小型熱式質量流量センサに於いては、フレームＤの下面側に窒化ケイ素Ｓ_４を設けたり、或いは、膜Ｅの窒化ケイ素層から成る防湿層Ｅ_６を設けることにより耐水性や防湿性を高めるようにはしているが、フレームＤそのものをシリコン基板Ａにより形成しているため、前記腐食等の問題に対して、基本的な解決を与えるには至っていない。

本願発明は、従前の質量流量センサに於ける上述の如き問題、即ち①キャピラリー型熱式質量流量センサでは、製品間の特性上のバラツキが生じ易いうえ、応答速度が低いこと、及び②シリコン製超小型熱式質量流量センサでは、耐食性に欠けるうえパーティクルの発生や外部リークの発生が避けられないこと、等の問題

を解決せんとするものであり、マイクロマシン技術を用いて超小型で均一的な品質の製品を製造することが出来、しかも耐食性に優れ、高応答速度やパーティクルフリー、外部リークレスを可能にした耐食金属製熱式質量流量センサとこれを用いた流体供給機器を提供することを発明の主たる目的とするものである。

5 発明の開示

本願発明者等は、マイクロマシン技術を活用してステンレス鋼等の耐食性金属基板の上に、質量流量センサに必要な２個の測温抵抗や加熱用ヒータ、各素子間を連結するリード線等を薄膜体により形成することにより、質量流量センサの製品間の品質のパラツキを防止すると共に耐食性や応答性を高め、更にパーティクルフリーと外部リークレスの達成を図ることを着想し、当該着想に基づいて質量流量センサの試作とその作動試験を重ねて来た。

本願発明は、上記着想と各種の試験結果をベースにして創作されたものであり、請求項１の発明は、耐食性金属基板２及び当該耐食性金属基板２の接流体表面の裏面側に設けた温度センサ３と加熱用ヒータ４とを形成する薄膜Ｆから成るセンサ部１を備えたことを発明の基本構成とするものである。

請求項２の発明は、請求項１の発明に於いて、センサ部１を備えたセンサベース１３と、流体を流入させる流体流入口と流体を流出させる流体流出口と、流体流入口と流体流出口との間を連通する流体通路とを備えたボディ２１を接続し、気密を保つ為に用いる金属ガスケット２７に対し、その真上の部材の剛性を相対的に高くすることにより、当該金属ガスケット２７の締め付けによる当該センサ部１への歪みを抑えるようにしたものである。

請求項３の発明は、請求項１又は請求項２の発明に於いて、耐食性金属基板２を１５０μm以下の厚さに形成するようにしたものである。

請求項４の発明は、請求項１又は請求項３の発明に於いて、気密性を保つ為に設けられたセンサ部１を備えたセンサベース１３と、耐食性金属基板２とを、溶接により気密状に固着するようにしたものである。

請求項５の発明は、請求項１、請求項２、請求項３又は請求項４の発明に於いて、薄膜Ｆを、耐食性金属基板２の接流体表面の裏面に形成した絶縁膜５と、その上方に形成した温度センサ３及び加熱用ヒータ４を形成する金属膜Ｍと、絶縁

膜5及び金属膜Mを覆う保護膜6とから構成するようにしたものである。

請求項6の発明は、請求項1から請求項5の何れかに記載の耐食金属製熱式質量流量センサを流体制御機器に搭載し、流体制御時に流量の確認が適宜行えるようにしたものである。

- 5 本願発明では、従前のシリコン製超小型熱式質量流量センサの場合と同様に、マイクロマシン技術を活用して質量流量センサを製造するため、製品間の品質上のバラツキを極めて小さなものにすることが出来る。また、センサ基板である耐食性金属基板（例えばSUS316L製基板）を電解エッチングにより30～80μm程度の薄板に加工すると共に、抵抗線等を薄膜化することにより、センサ部の熱容量を極く小さなものにしているため、センサとしての応答速度が大幅に速くなる。

- 更に、接ガス面を全て耐食性金属で構成すると共に、センサ部とセンサベースとの組立を溶接により行い、更にバルブボディ等への取付けをメタルガasketシールにより行うようにしているため、コロージョンフリーやパーティクルフリー、外部リークフリーの達成が可能となる。
- 15

図面の簡単な説明

図1は、本発明に依る耐食金属製熱式質量流量センサのセンサ部の平面概要図である。

図2は、図1のA-A断面概要図である。

- 20 図3は、本発明に依る耐食金属製熱式質量流量センサの作動原理の説明図である。

- 図4は、センサ部の製造工程の説明図であり、(a)はSUS316Lウエハの準備工程、(b)は絶縁膜5の形成工程、(c)はCr/Pt/Cr膜（金属膜M）の形成工程、(d)は保護膜6の形成工程、(e)は電極挿入孔7の形成工程、(f)はSUS316Lウエハの裏面エッチング工程、(g)はセンサ部1の切り離しエッチング工程を夫々ものである。
- 25

図5は、耐食金属製熱式質量流量センサの一例を示す断面概要図である。

図6は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、前マスクパターンを重ね合わせた状態を示すものである。

図7は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図4の(c)の工程で使用するものを示すものである。

図8は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図4の(e)の工程で使用するものを示すものである。

- 5 図9は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図4の(f)の工程で使用するものを示すものである。

図10は、SUS316L製基板に電解エッチングを施した場合の表面粗さを示す図である。

図11は、図7の電解エッチング部Qの部分拡大図である。

- 10 図12は、本発明に依る質量流量センサの信号検出用回路図である。

図13は、本発明に依るセンサ部の諸特性を示す線図であり、(a)は加熱用ヒータ温度を測温抵抗の抵抗値の関係、(b)は加熱用ヒータ電流と測温抵抗の抵抗値の関係、(c)はガス流量とセンサ出力の関係を夫々示すものである。

- 15 図14は、本発明に係る質量流量センサの流量応答特性の一例を示す線図である。

図15は、本発明に依る質量流量センサの組付図の一例を示す断面図である。

図16は、本発明に依る質量流量センサの組付図の他の例を示す断面図である。

図17は、本発明に係る質量流量センサの組付図の更に他の例を示す断面図である。

- 20 図18は、従前のシリコン製超小型熱式質量流量センサの概要を示す断面図である。

符号の説明

- Sは耐食金属製熱式質量流量センサ、Fは薄膜、Mは金属膜、Wは耐食性金属材料、Gは被測定ガス、1はセンサ部、2は耐食性金属基板、3は温度センサ、
25 3a・3bは測温抵抗、4は加熱用ヒータ、5は絶縁膜、6は保護膜、7は電極挿入孔、8組み合わせに依るフォトマスクパターン、9は測温抵抗及び加熱ヒータの形成用のフォトマスクパターン、10はリード孔形成用フォトマスクパターン、11は裏面側エッチング用のフォトマスクパターン(レジストパターン)、11aは溝部、11bは薄肉基板部、12a・12bはネガ型レジスト、13はセンサ

ベース、13aは取付け溝、14はヒーター駆動回路、15はオフセット調整回路（粗調整用）、16はオフセット調整回路（微調整用）、17は測温抵抗のゲイン調整回路、18は差動増幅回路、19は出力端子、20は接手部、21はボディ、22はセンサベース押え、23は配線用基板押え、24配線用基板、25・
5 26はガイドピン、27は金属ガスカート、28はゴムシート、29はリードピン、30はリード線（金線）、31はボディ、32は圧力検出器、33はコントロール弁、34は圧電型弁駆動装置、35はオリフィス、36はフィルタである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

- 10 図1は、本発明に係る耐食金属製熱式質量流量センサの要部であるセンサ部1の平面概要図であり、図2は図1のA-A視断面概要図である。

当該センサ部1は、薄い耐熱性金属基板2と、基板2の上面に形成した絶縁膜5と、絶縁膜5の上面に形成した温度センサ3及び加熱用ヒータ4と、温度センサ3及びヒータ4等の上面に形成した保護膜6とから形成されている。即ち、厚
15 さ120～180 μ mの耐食性金属材料Wのセンサ部1を形成する部分（耐熱性金属基板2）は、材料Wの裏面側の一部を電界エッチング加工によって除去することにより、後述するように厚さ約30～80 μ mの薄板に形成されている。

また、絶縁膜5と、温度センサ3や加熱用ヒータ4や導電用リード部分（図示省略）を形成する金属膜Mと、保護膜6とから、耐熱性金属基板2の上面側に薄
20 膜Fが形成されている。

更に、前記保護膜6には、適宜の寸法を有する電極挿入孔7がエッチング加工により形成されている。

而して、被測定ガスGはセンサ部1の裏面側を耐食性金属基板2に沿って矢印方向に流れる。この時耐食性金属基板2には、ガスGの有する熱量の一部が与えられることになり、その結果、耐熱製金属基板2の温度分布 T_t は、図3に示す
25 ように、ガスGの流れていないときの温度分布 T_o から温度分布 T_t のように変化する。

上記のように、ガスGが流れることにより生じた耐食性金属基板2の温度分布の変化は、温度センサ3を形成する各測温抵抗3a、3bの抵抗値の変化を介し

図 7 は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図 4 の (c) の工程で使用するものを示すものである。

図 8 は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図 4 の (e) の工程で使用するものを示すものである。

- 5 図 9 は、センサ部の製法に用いるフォトマスクパターンを示すものであり、図 4 の (f) の工程で使用するものを示すものである。

図 10 は、SUS316L 製基板に電解エッチングを施した場合の表面粗さを示す図である。

図 11 は、図 7 の電解エッチング部 Q の部分拡大図である。

- 10 図 12 は、本発明に依る質量流量センサの信号検出用回路図である。

図 13 は、本発明に依るセンサ部の諸特性を示す線図であり、(a) は加熱用ヒータ温度を測温抵抗の抵抗値の関係、(b) は加熱用ヒータ電流と測温抵抗の抵抗値の関係、(c) はガス流量とセンサ出力の関係を夫々示すものである。

- 15 図 14 は、本発明に係る質量流量センサの流量応答特性の一例を示す線図である。

図 15 は、本発明に依る質量流量センサの組付図の一例を示す断面図である。

図 16 は、本発明に依る質量流量センサの組付図の他の例を示す断面図である。

図 17 は、本発明に係る質量流量センサの組付図の更に他の例を示す断面図である。

- 20 図 18 は、従前のシリコン製超小型熱式質量流量センサの概要を示す断面図である。

符号の説明

S は耐食金属製熱式質量流量センサ、F は薄膜、M は金属膜、W は耐食性金属材料、G は被測定ガス、1 はセンサ部、2 は耐食性金属基板、3 は温度センサ、

- 25 3a・3b は測温抵抗、4 は加熱用ヒータ、5 は絶縁膜、6 は保護膜、7 は電極挿入孔、8 組み合わせに依るフォトマスクパターン、9 は測温抵抗及び加熱ヒータの形成用のフォトマスクパターン、10 はリード孔形成用フォトマスクパターン、11 は裏面側エッチング用のフォトマスクパターン (レジストパターン)、11a は溝部、11b は薄肉基板部、12a・12b はネガ型レジスト、13 はセンサ

- ベース、13aは取付け溝、14はヒーター駆動回路、15はオフセット調整回路（粗調整用）、16はオフセット調整回路（微調整用）、17は測温抵抗のゲイン調整回路、18は差動増幅回路、19は出力端子、20は接手部、21はボディ、22はセンサベース押え、23は配線用基板押え、24配線用基板、25・
- 5 26はガイドピン、27は金属ガasket、28はゴムシート、29はリードピン、30はリード線（金線）、31はボディ、32は圧力検出器、33はコントロール弁、34は圧電型弁駆動装置、35はオリフィス、36はフィルタである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。

- 10 図1は、本発明に係る耐食金属製熱式質量流量センサの要部であるセンサ部1の平面概要図であり、図2は図1のA-A視断面概要図である。

- 当該センサ部1は、薄い耐熱性金属基板2と、基板2の上面に形成した絶縁膜5と、絶縁膜5の上面に形成した温度センサ3及び加熱用ヒータ4と、温度センサ3及びヒータ4等の上面に形成した保護膜6とから形成されている。即ち、厚
- 15 さ120～180 μ mの耐食性金属材料Wのセンサ部1を形成する部分（耐熱性金属基板2）は、材料Wの裏面側の一部を電界エッチング加工によって除去することにより、後述するように厚さ約30～80 μ mの薄板に形成されている。

- また、絶縁膜5と、温度センサ3や加熱用ヒータ4や導電用リード部分（図示省略）を形成する金属膜Mと、保護膜6とから、耐熱性金属基板2の上面側に薄
- 20 膜Fが形成されている。

更に、前記保護膜6には、適宜の寸法を有する電極挿入孔7がエッチング加工により形成されている。

- 而して、被測定ガスGはセンサ部1の裏面側を耐食性金属基板2に沿って矢印方向に流れる。この時耐食性金属基板2には、ガスGの有する熱量の一部が与えられることになり、その結果、耐熱製金属基板2の温度分布T_tは、図3に示す
- 25 ように、ガスGの流れていないときの温度分布T_oから温度分布T_tのように変化する。

上記のように、ガスGが流れることにより生じた耐食性金属基板2の温度分布の変化は、温度センサ3を形成する各測温抵抗3a、3bの抵抗値の変化を介し

て測温抵抗 3 a、3 b の両端の電圧値の変化として現れ、この電圧値の変化を差動出力として検出することにより、ガス G の質量流量を検出することが出来る。

尚、上述の如き熱式質量流量センサの動作原理は、公知のシリコン製熱式質量流量センサの場合と同一であるため、ここではその詳細な説明を省略する。

- 5 図 1 及び図 2 を参照して、前記センサ部 1 を形成する耐食性金属材料 W は、厚さが約 150 μm 以下の薄板状の耐食性を有する金属板が最適であり、本実施形態に於いては、厚さ 150 μm のステンレス鋼薄板 (SUS 316 L) が使用されている。

- 10 当該耐食性金属材料 W のセンサ部 1 を形成する部分、即ち耐食性金属基板 2 (同 1 の点線の枠内) は、後述する電界エッチング加工によって更に薄くされており、実質的には約 30 \sim 60 μm の厚さに形成されている。

- 15 前記絶縁膜 5 は、後述するように所謂 CVD 法により形成された厚さ 1.2 μm \sim 1.8 μm の酸化皮膜であって、本実施形態に於いては CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成した厚さ 1.5 μm の SiO_2 膜が絶縁膜 5 として用いられている。

- 前記測温抵抗 3 及び加熱用ヒータ 4 は、前記絶縁膜 5 上に流量センサ用マスクパターン (図示省略) を用いて形成された金属膜 M から成っており、本実施形態では Cr/Pt/Cr (厚さ 10/100/10 μm) を蒸着法により順次積層して成る金属膜 M から、測温抵抗 3 及び加熱用ヒータ 4 等が夫々形成されている。
- 20 前記保護膜 6 は測温抵抗 3 や加熱用ヒータ 4 等の上方を覆う膜体であり、本実施形態では CVD 法により形成した厚さ 0.4 \sim 0.7 μm の SiO_2 皮膜が用いられている。

- また、当該保護膜 6 には、プラズマエッチング法により敵宣の形状の電極挿入孔 7 が設けられており、当該電極挿入孔 7 を通して電極棒等の引出しが行われている。
- 25 いる。

尚、センサ部 1 を形成する耐食性金属基板 2 の裏面側は、後述するように耐食性金属材料 W に電界エッチングを施すことにより厚さ 30 \sim 80 μm に仕上げられている。

また、センサ部 1 は、最終的に所謂貫通エッチング加工によって耐食性金属材

料Wから切り離され、この切り離されたセンサ部1が、後述するように別途に形成した耐食金属製の流量センサベース13へレーザ溶接等により気密状に固定されることにより、本発明に依る耐食金属製熱式質量流量センサSが構成される。

次に、前記センサ部1の製作加工工程を説明する。

- 5 図4は、本発明で使用するセンサ部1の製造工程の説明図である。

まず、耐食性金属剤利用Wとして適宜の形状寸法、例えば直径70mmφ〜150mmφ、厚さ130〜180μmのステンレス鋼薄板(SUS316L)を準備する(図4(a))。尚、耐食性金属材料Wとしては、ステンレス鋼薄板以外の金属薄板(例えばCr-Ni合金から成る不銹鋼板)でも良いことは勿論である。

次に、前記準備したステンレス鋼薄板(以下、SUS316Lウエハと呼ぶ)の外裏面に、TEOS(Tetra-Ethoxy-Silane)を用いるプラズマCVD装置(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Device)により厚さ約1.5μmのSiO₂膜(絶縁膜)5を形成する(図4(b))。

15 その後、前記SiO₂膜5の上に、電子ビーム加熱型蒸着装置と図7に示したフォトマスクパターン9を用いて、Cr/Pt/Cr膜(厚さ10/100/100μm)から成る測温抵抗3a、3b及び加熱用ヒータ4等のパターンを金属膜Mにより形成する(図4(c))。尚、図6はフォトマスクパターン9と、後述する電極挿入孔7の形成用フォトマスクパターン10とを組み合わせた状態のフォトマスクパターン8を示すものである。

その後、前記図4(c)の工程で形成した温度センサ3を形成する測温抵抗3a、3b及び加熱用ヒータ4の上に、前記TEOSを用いるプラズマCVD装置により、厚さ約0.5μmのSiO₂膜(保護膜)6を形成する(図4(d))。

引き続き、CF₄ガスを用いるプラズマエッチング装置により、図8に示した電極挿入孔の形成用フォトマスクパターン10を用いて、前記保護膜6に測温抵抗3や加熱用ヒータ4用の口径200μmの電極取り出し用の孔(電極挿入孔7)を穿設する。(図4(e))。

尚、SUS316L材やCrはCF₄ガスによるプラズマに対して高い耐性を有しているため、SiO₂膜6のエッチングが完了すれば進行中のエッチングが

自動的にストップするため、所謂オーバーエッチングに至る危険性は全く無い。

耐食性金属材料W(SUS316Lウエハ)の上面の上記各工程が完了すれば、その裏面側に図9に示すフォトマスクパターン11を用いてレジストパターンを形成し、電界エッチングを施すことにより、厚みが約50 μ m程度になるまで材料Wの裏面側にエッチング加工を施す(図4(f))。

尚、図4(f)に於ける11aの部分は、センサ部1を材料Wから切り離しするための溝部であり、11bはエッチング加工により薄肉にされた薄肉基板部である。

最後に、前記各膜を形成した耐食性金属基板2の裏面側と裏面側の薄肉基板部11bへネガ型レジスト12a(スピンコート法)及びネガ型レジスト12b(ディップコート法)を塗布し、その後塩化第2鉄溶液($FeCl_3 \cdot 40wt\%$)でもってエッチング処理することにより、溝部11aの薄肉基板部(厚さ約50 μ m)11bを円形に貫通させ、センサ部1を材料Wから切り離す。

尚、材料Wから切り離した円形のセンサ部1は、レジスト12a、12bを除去したあと、図5に示すような形状に形成されたセンサベース13の取付溝13a内へ嵌合され、外周縁部をレーザ溶接することによりセンサベース13へ写密状に溶接固定される。これにより、本発明による耐食金属製熱式質量流量センサSが構成されることになる。

前記図4(f)に示したエッチング工程では、電解液として硫酸液とメチルアルコールの混合液を使用し、フォトレジストをマスク材として用いて、材料Wの裏面側の所定箇所をエッチングするようにしている。

前記SUS316L製基板2の電解エッチングを施した後の裏面粗さは、図10に示す如くRa0.1 μ m以下の範囲となっており、局所的なオーバーエッチングは見られない。

即ち、半導体プロセスのガス配管系では、接ガス部をパーティクルフリーやコロイドフリーにする必要があることから、電解エッチング法はSUS316Lのエッチングに対して、極めて有効な手法であることが判る。

尚、図10のQの部分が前記電解エッチング部を示すものであり、図11は、図10に於ける電解エッチング部Qの拡大図である。

図 1 2 は、前記図 5 に示した本発明に依る質量流量センサの信号検出用回路を示すものであり、当該信号検出用回路は、センサ部 1 と、ヒータ駆動回路 1 4、オフセット調整回路（粗調整） 1 5、オフセット調整回路（微調整用） 1 6、測

5 図 1 2 に於いて、3 a、3 b は測温抵抗、1 9 は出力端子である。

図 1 2 を参照して、ヒータ駆動回路 1 4 の作動により、センサ部 1 の加熱が行われ、被測定ガス G の流通により、センサ部 1 の温度センサ 3 を形成する上流側測温抵抗 3 a 及び下流側測温抵抗 3 b の温度変化によって抵抗値が変化すると、その変化が出力電圧の変化としてゲイン調整回路 1 7 を経て差動増幅回路 1 8 へ

10 入力され、両者の出力差がオペレーションアンプ O P O 7 を介して出力端子 1 9 へ出力される。

本発明のセンサ部 1 を形成する耐食性金属基板 2 は、電解エッチングにより薄膜化されているため、ガス G が流れることにより、そのガス圧によってセンサ部 1 が歪み、その結果温度センサ 3 の測温抵抗 3 a、3 b の抵抗値が変化する可能

15 性がある。

そのため、通常の抵抗ブリッジ回路を用いた場合には、センサ部 1 の出力が歪みの発生によって変化するという問題を生じるが、本発明で用いる信号検出用回路では、オフセット調整回路 1 5 により上流側測温抵抗 3 a 及び下流側測温抵抗 3 b から出力される電圧値の増幅率を夫々独立して調整すると共に、差動増幅回

20 路 1 8 への入力値を更にオフセット調整回路 1 6 により微調整する構成としているため、ガス圧力の印加により生じた各測温抵抗 3 a、3 b の出力電圧値の変化が、増幅率の調整によって消去されることになる。

その結果、ガス圧力によるセンサ部 1 の出力変動を完全に抑えることが可能となり、高精度な質量流量の検出が可能となる。

25 図 1 3 は、本発明に依る質量流量センサ S の特性を示すものであり、図 1 3 の（a）は加熱用ヒータ 4 の温度と抵抗値の関係、図 1 3 の（b）は加熱用ヒータ 4 の電流値と抵抗値の関係、及びガス流量（S C C M）と検出出力値（v）との関係を夫々示すものである。

尚、図 1 3 の諸特性の測定に供したセンサ部 1 の加熱用ヒータ 4 の抵抗値は約

2. 4 k Ω 、測温抵抗 3 a、3 b の抵抗値は 2. 0 k Ω （両者は同一値）であり、加熱用ヒータ 4 に 1 0 m A の電流を流すと共に測温抵抗 3 a、3 b には 1. 2 m A の電流を流した。

また、ガス流量を 0 ～ 1 0 0 S C C M の範囲で変化させた時のセンサ部 1 の出力値の変化は約 1. 0 V であった（但し、出力値は O P アンプにより 5 0 0 倍に増幅）。

更に、センサ部 1 の出力値は、後述する図 1 5 に示した質量流量センサ S のセンサベース 1 3 と流体通路との間隙（流路高さ）に依存するため、前記流路高さを調整することにより、流量測定可能範囲を適宜に切換えすることが出来る。

図 1 4 は、本発明に係る質量流量センサ S の流量応答特性の一例を示すものであり、ガス流量を 0 ～ 1 0 0 S C C M に設定した場合の特性を示すものである。尚、図 1 4 に於いて、曲線 S A は本発明に係る質量流量センサ S の流量応答特性であり、横軸の 1 目盛は 5 0 0 m s e c である。

又、曲線 S F は、従前の圧力式流量制御装置に於ける質量流量センサの同一条件下での流量応答特性を示すものである。

図 1 5 は、本発明の質量流量センサ S を設けた流体供給機器の一例を示すものであり、質量流量センサ S をガス流路に設けた接手部 2 0 へ組み付けした状態を示すものである。図 1 5 に於いて、2 1 は接手部 2 0 のボディ、2 2 はセンサベース押え、2 3 は配線用基板押え、2 4 は配設用基板、2 5 はガイドピン、2 6 はガイドピン、2 7 は金属ガスケット、2 8 はゴムシート、2 9 リードピン、3 0 はリード線（金線）である。

尚、前記ガイドピン 2 6 ・ 2 7 は、ボディ 2 2 内へ質量流量センサ S を取り付けする際の位置決めをするためのものであり、センサベース 1 3 とボディ 2 1 間は金属ガスケット 2 7 により気密が保持されている。

また、流体入り口 2 1 a から流入した流体ガス G は、流通路 2 1 b 内を流通する間にセンサ部 1 によってその質量流量が検出され、流体出口 2 1 c から外部へ流出して行く。

本発明では、被測定ガス G が S U S 3 1 6 L 製の基板 2 に接触しつつ流通するため、従前のシリコン製基板の場合のようにガス G によって基板 2 が腐食される

ことは全く無い。

図 1 6 は、本発明の質量流量センサ S を圧力式流量制御装置の本体部へ組付けた場合を示すものであり、図 1 6 に於いて、S は質量流量センサ、3 1 はボディ、3 2 は圧力検出器、3 3 はコントロール弁、3 4 は圧電型弁駆動装置、3 5 はオリフィス、3 6 はフィルタである。

図 1 7 は、本発明の質量流量センサ S の組付け位置を変更したものであり、実質的には図 1 6 の場合と略同一である。

尚、圧力式流量制御装置やその本体部の構成は、例えば特許第 3 2 9 1 1 6 1 号や特開平 1 1 - 3 4 5 0 2 7 号等によって公知であるため、ここではその説明を省略する。

発明の効果

本発明に於いては、薄膜形の抵抗式質量流量センサの接ガス部を成す基板 2 を耐食金属製とすると共に、測温抵抗 3 a、3 b や加熱用ヒータ 4 をマイクロマシン技術を用いて薄膜状に形成する構成としている。

その結果、接ガス部の耐食性が向上すると共に、製品特性の均一化と小型化、熱容量の減少による応答速度の向上、パーティクルフリー等を図ることが出来、半導体製造装置関係のみならず化学プラント関係での使用に於いても、優れた実用的効用を有するものである。

請 求 の 範 囲

1. 耐食性金属基板（２）及び当該耐食性金属基板（２）の接流体表面の裏面側に設けた温度センサ（３）と加熱用ヒータ（４）とを形成する薄膜（Ｆ）から成るセンサ部（１）を備えたことを特徴とする耐食金属製熱式質量流量センサ。
- 5 2. センサ部（１）を備えたセンサベース（１３）と、流体を流入させる流体流入口と流体を流出させる流体流出口と、流体流入口と流体流出口との間を連通する流体通路とを備えたボディ（２１）を接続し、気密を保つ為に用いる金属ガスケット（２７）に対し、その真上の部材の剛性を相対的に高くすることにより、当該金属ガスケット（２７）の締め付けによる当該センサ部（１）への歪みを抑えるようにした請求項１に記載の耐食金属製熱式質量流量センサ。
- 10 3. 耐食性金属基板（２）を $150\mu\text{m}$ 以下の厚さに形成するようにした請求項１又は請求項２に記載の耐食金属製熱式質量流量センサ。
4. 気密性を保つ為に設けられたセンサ部（１）を備えたセンサベース（１３）と、耐食性金属基板（２）とを、溶接により気密状に固着するようにした請求項１又は請求項３に記載の耐食金属製熱式質量流量センサ。
- 15 5. 薄膜（Ｆ）を、耐食性金属基板（２）の接流体表面の裏面に形成した絶縁膜（５）と、その上方に形成した温度センサ（３）及び加熱用ヒータ（４）を形成する金属膜（Ｍ）と、絶縁膜（５）及び金属膜（Ｍ）を覆う保護膜（６）とから構成するようにした請求項１、請求項２、請求項３又は請求項４に記載の耐食金属製熱式質量流量センサ。
- 20 6. 請求項１から請求項５の何れかに記載の耐食金属製熱式質量流量センサを流体制御機器に搭載し、流体制御時に流量の確認が適宜行えることを特徴とする耐食金属製熱式質量流量センサを用いた流体供給機器。

図 1

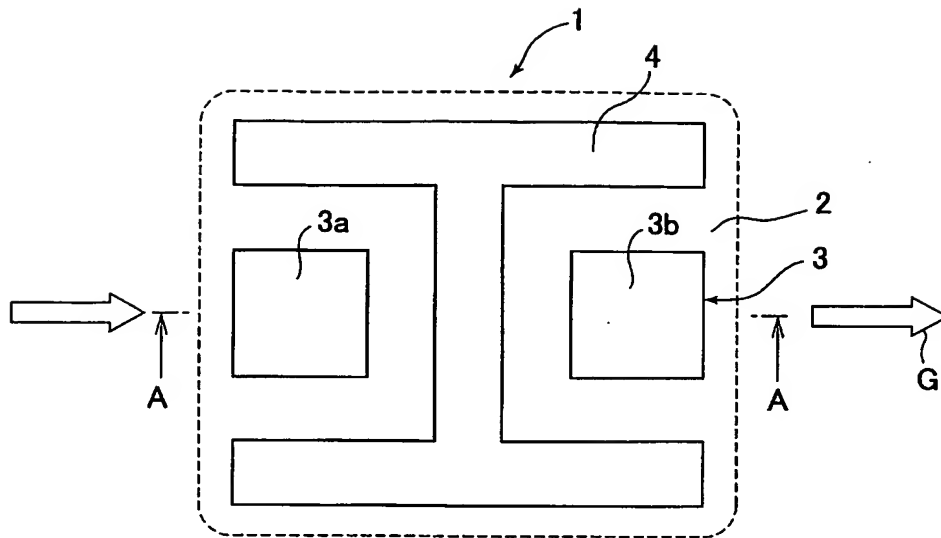


図 2

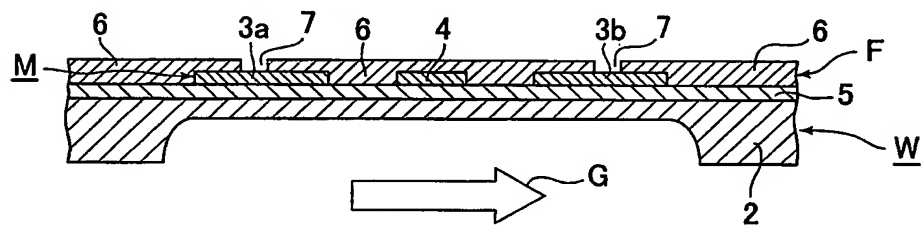


図 3

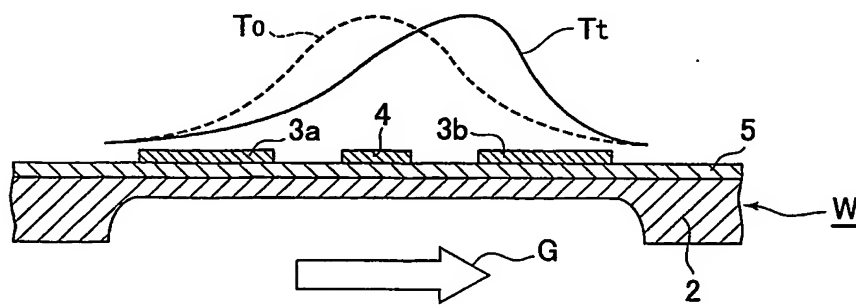


図 4

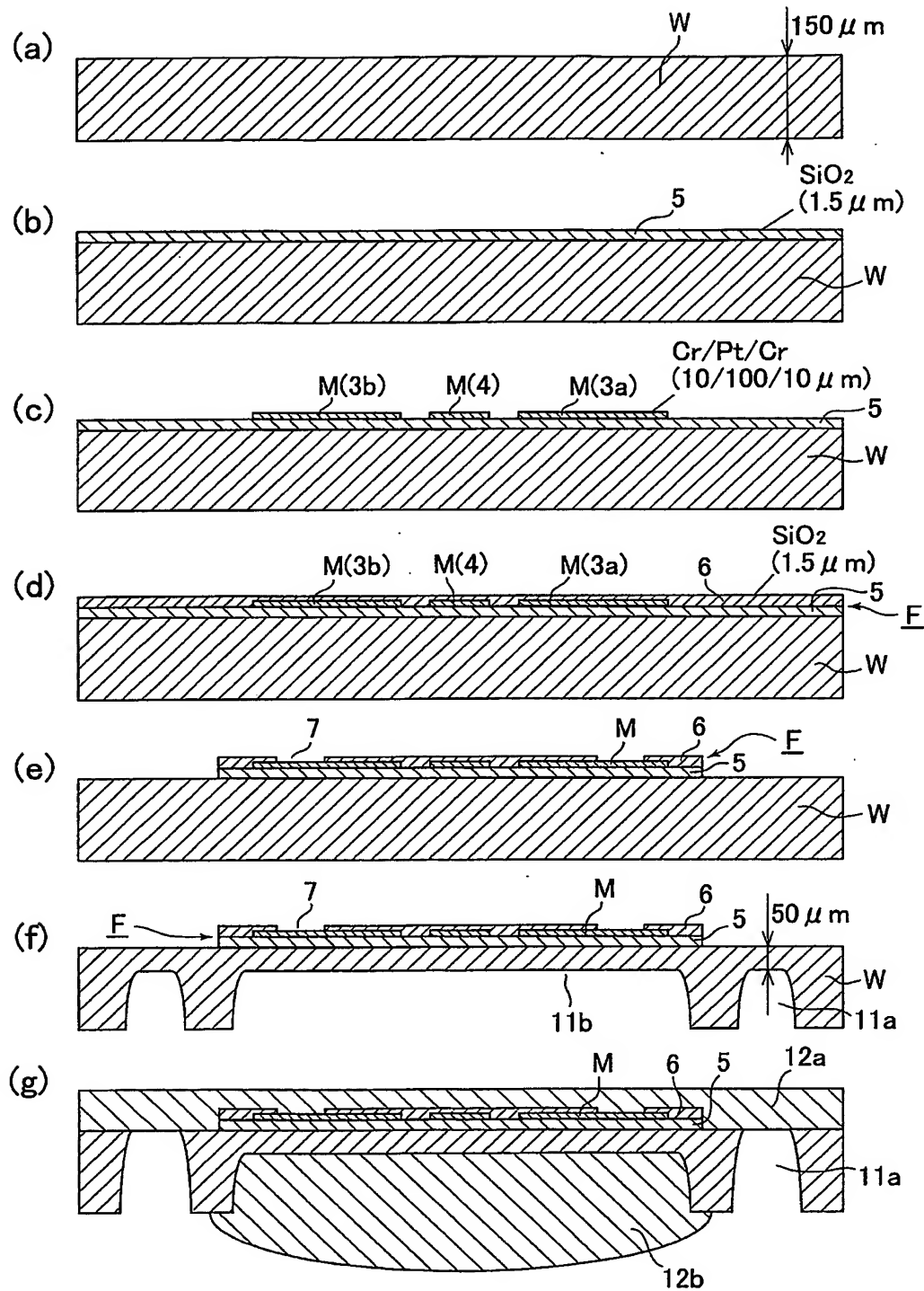


図 5

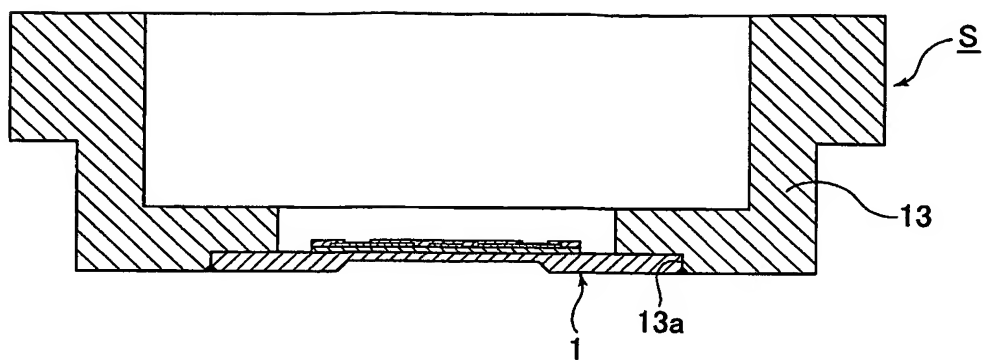


図 6

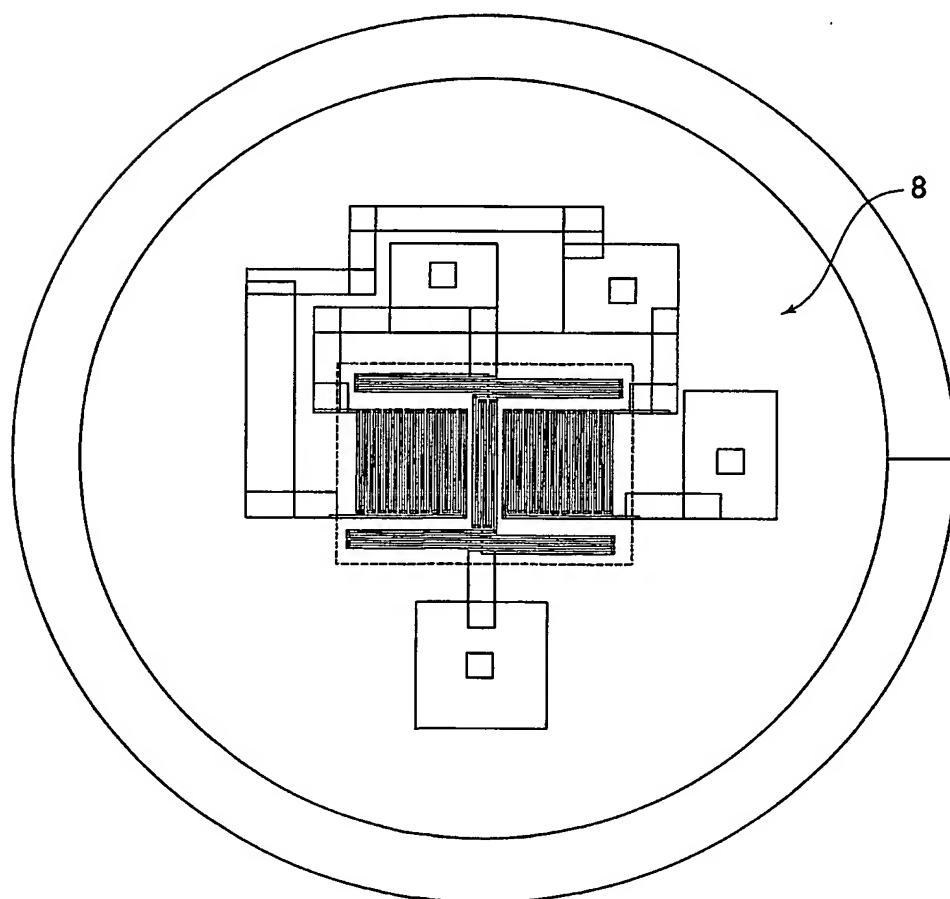


図 7

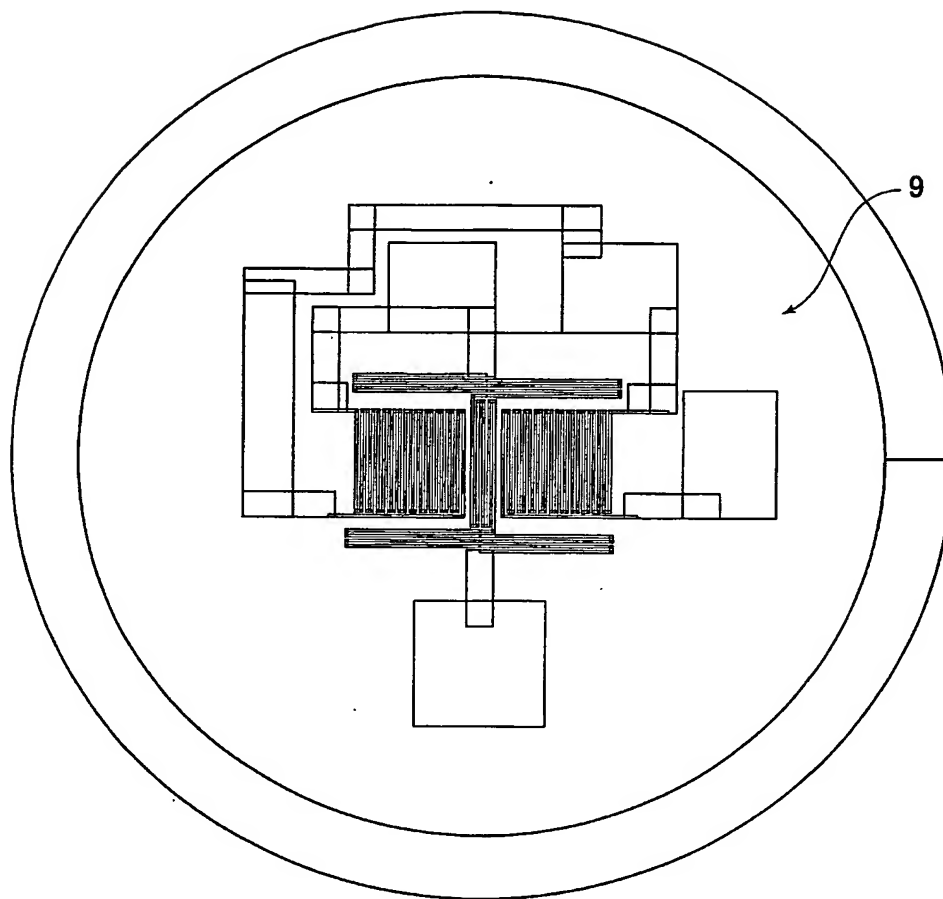


図 8

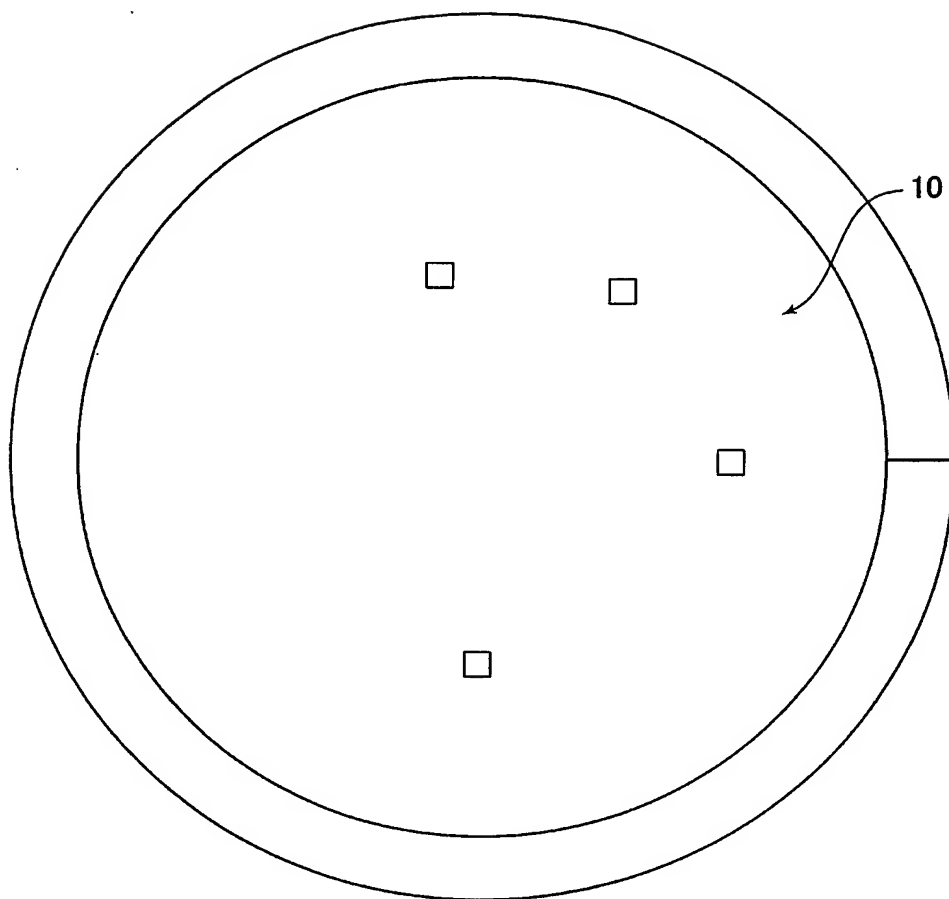


図 9

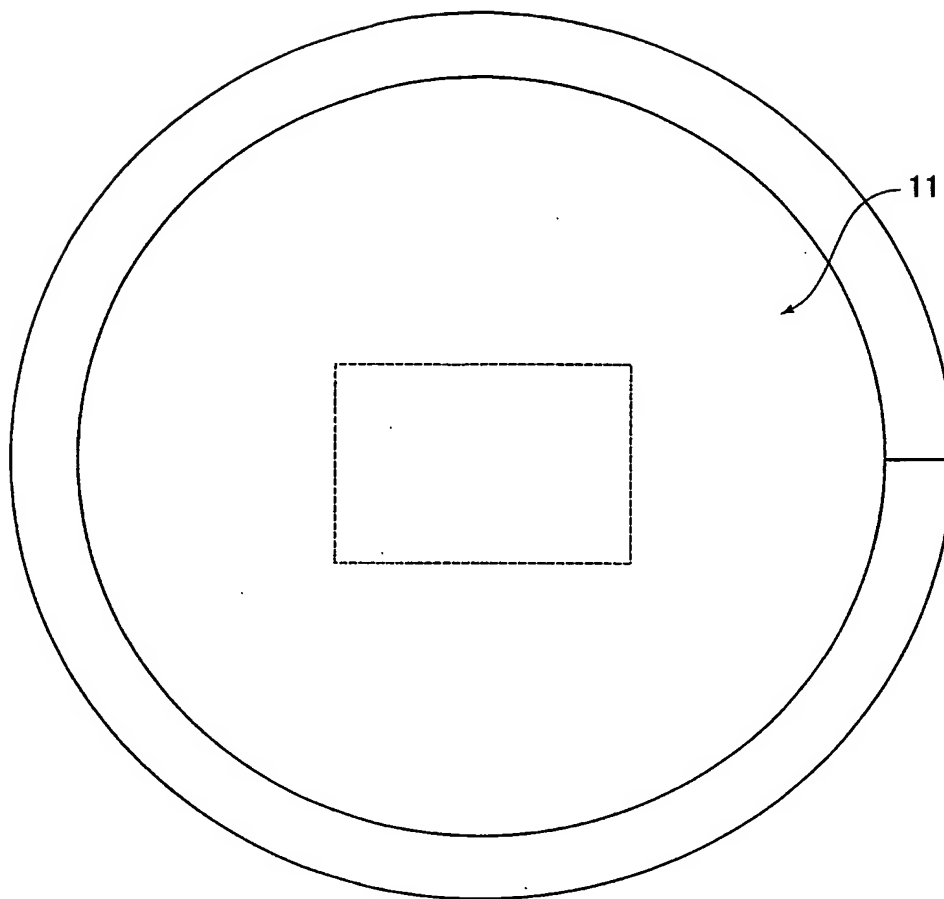


図 10

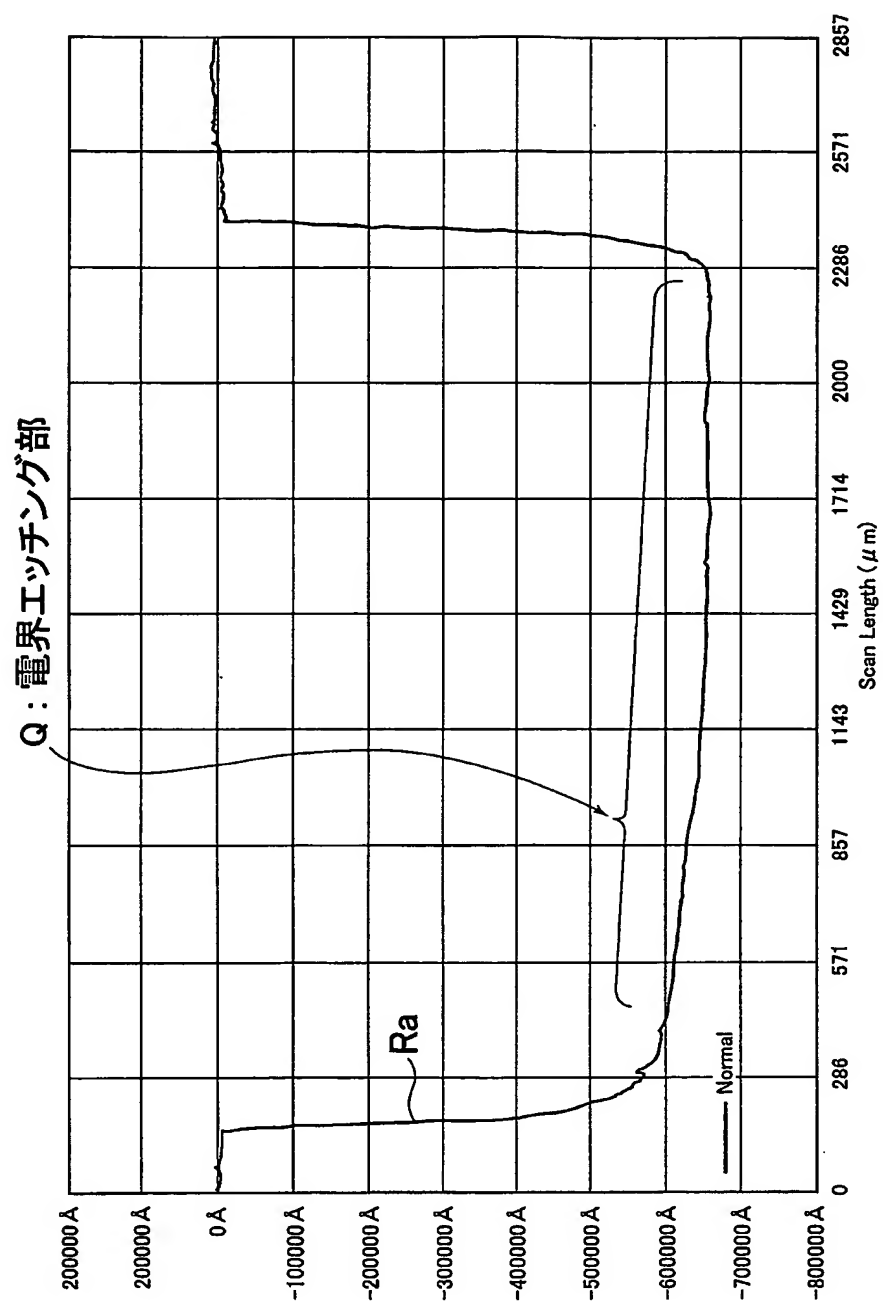


図 1 1

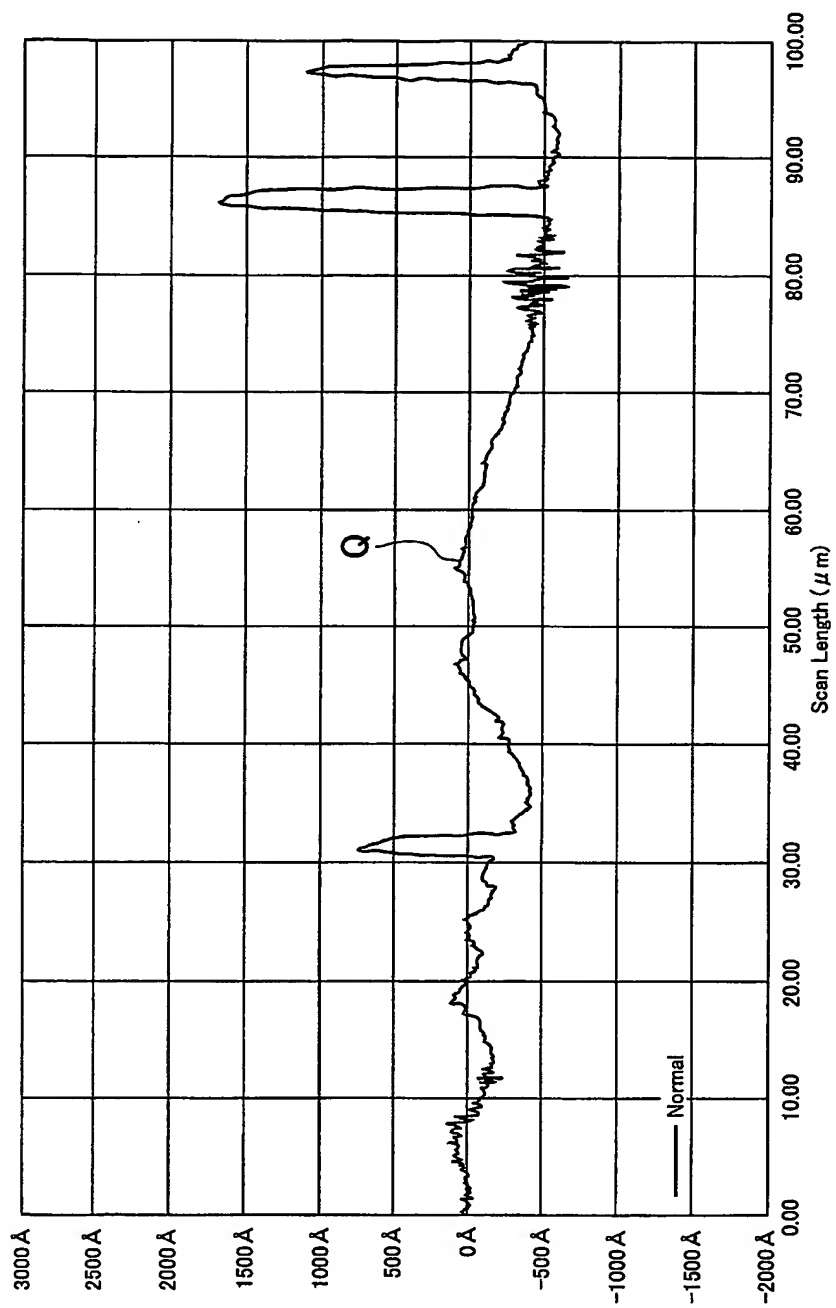


図 1 2

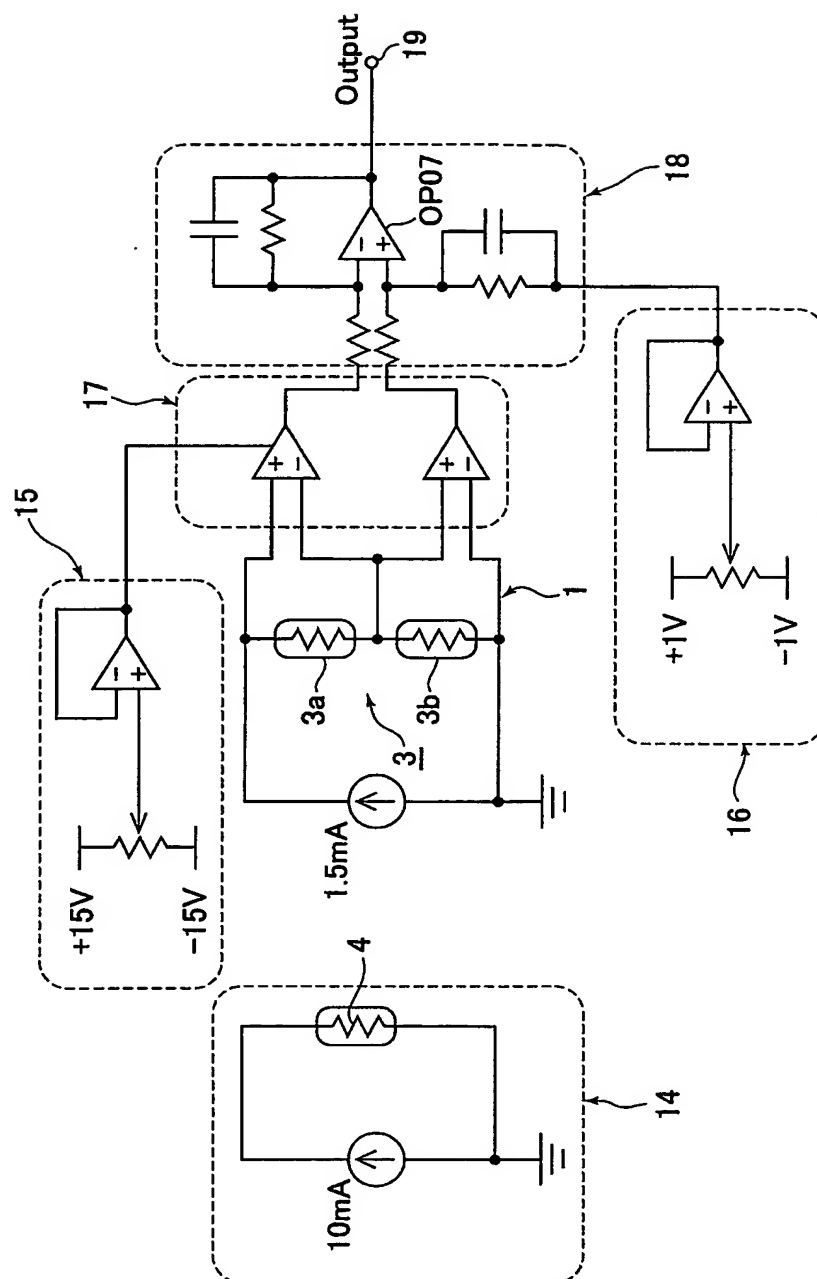


図 1 3

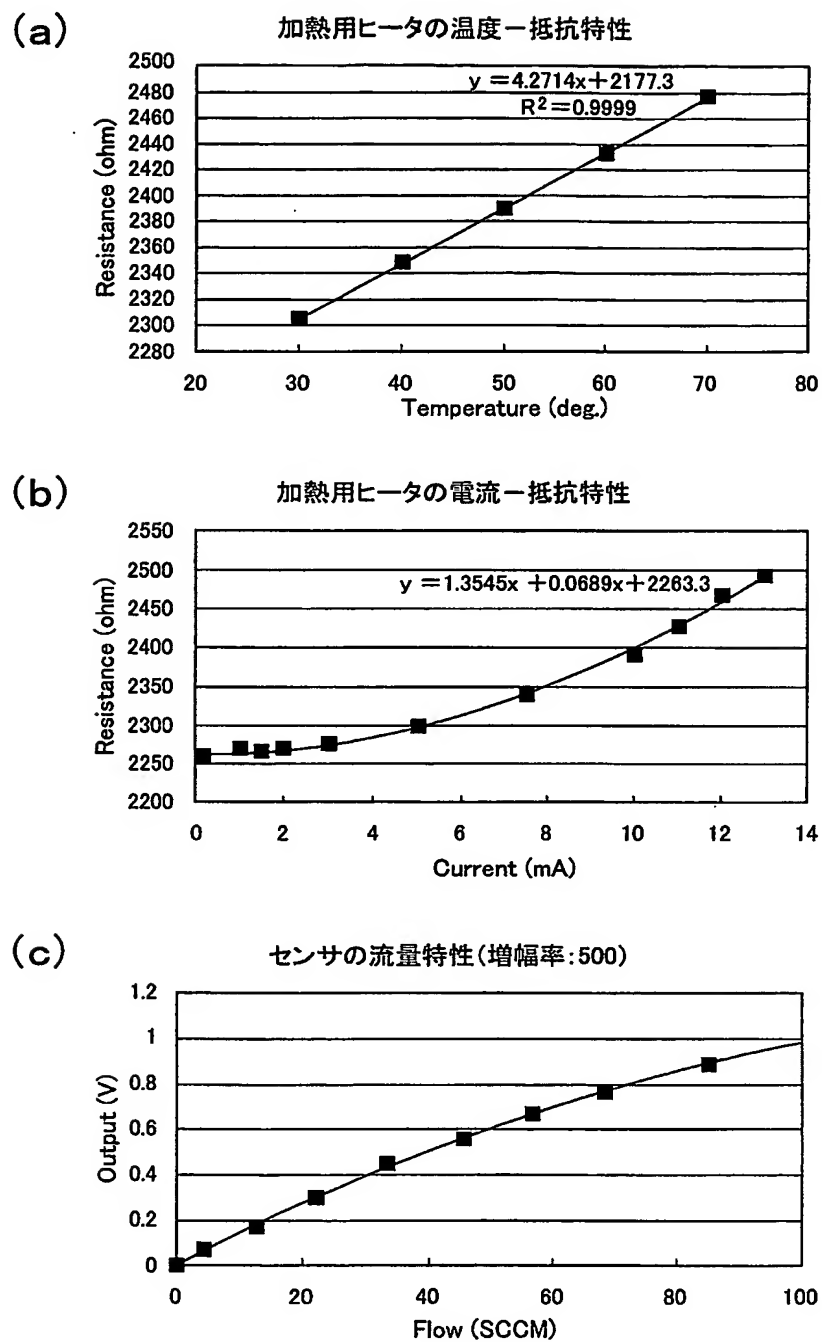


図 1 4

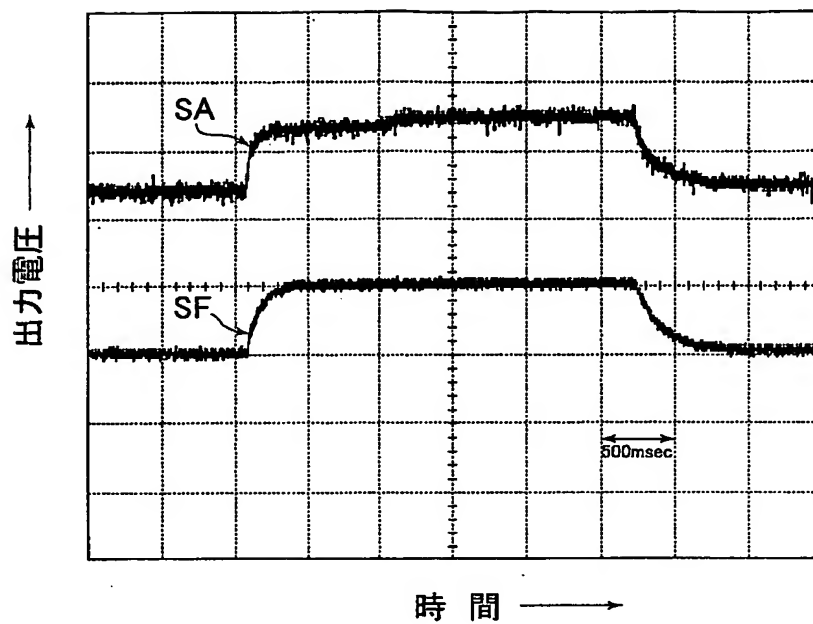


図 1 5

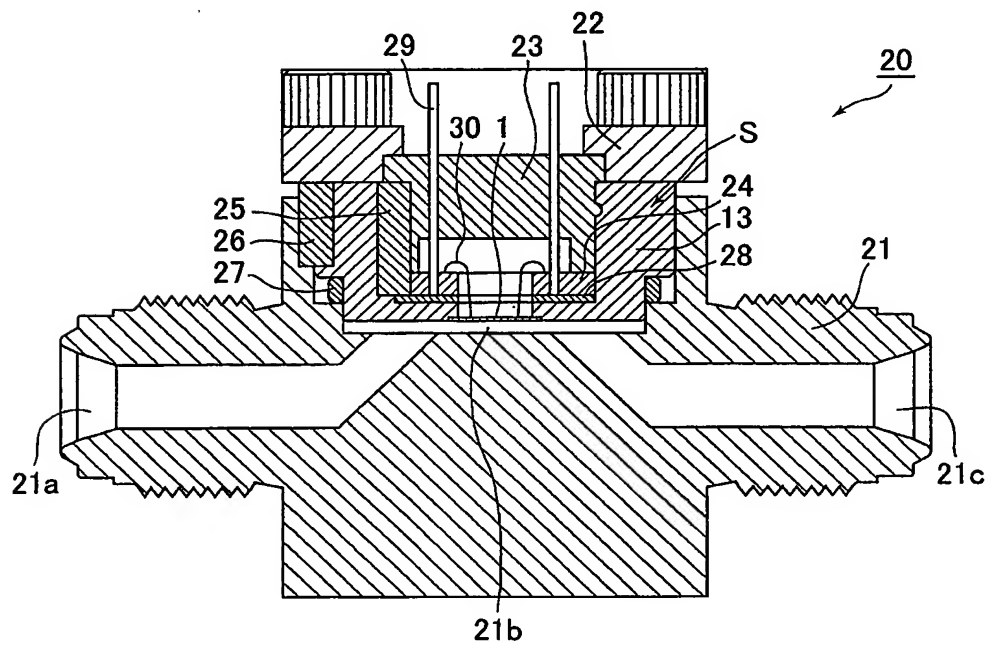


図 16

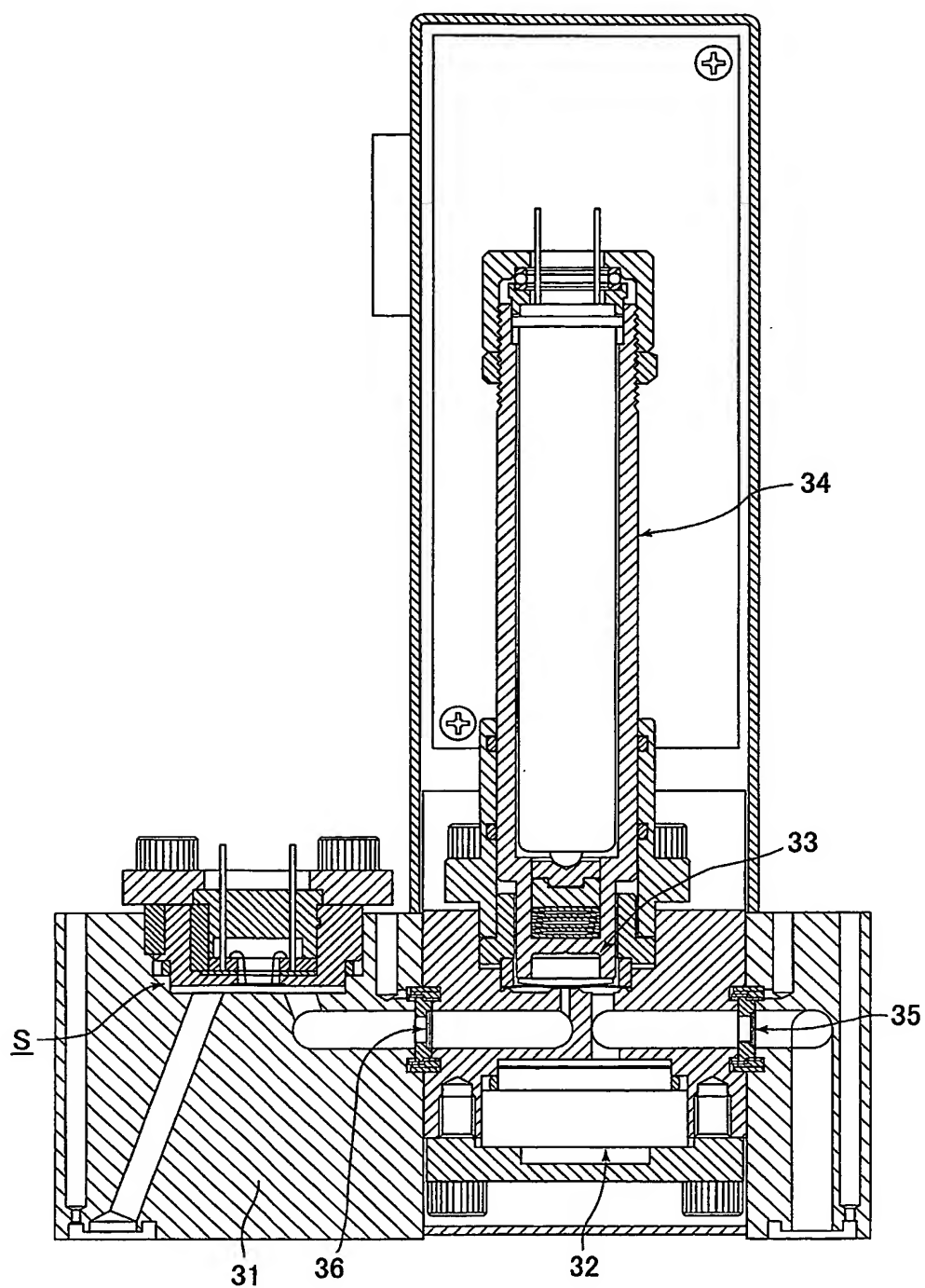


図 17

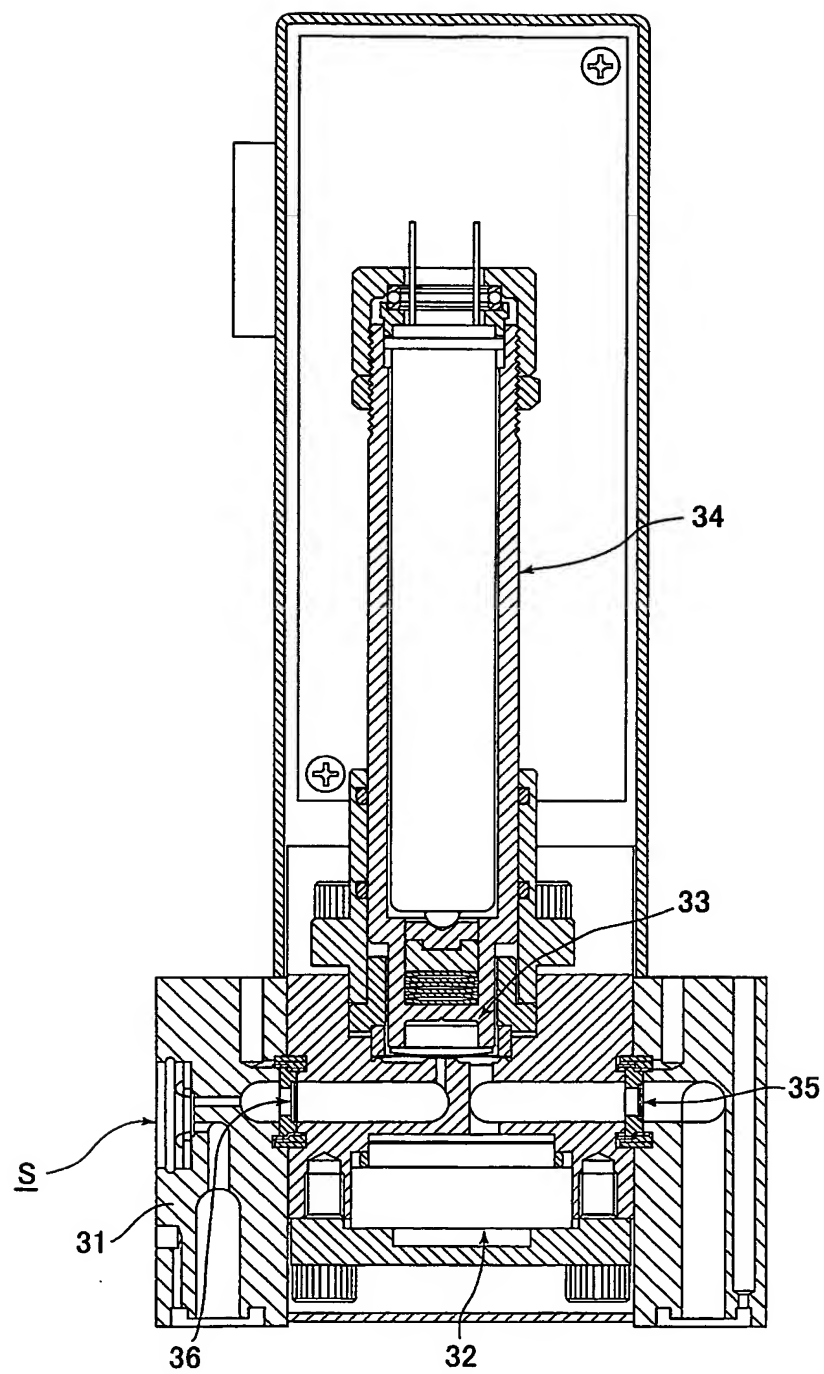
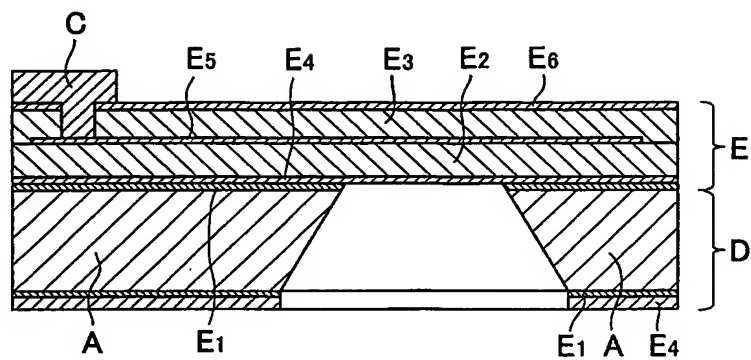


図 18



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G01F1/68			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G01F1/68			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X	JP 2002-358127 A (江刺正喜) 2002. 12. 13	1, 3, 5, 6	
Y	全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 4	
X	JP 9-178523 A (愛三工業株式会社) 1997. 07. 11	1, 3, 5, 6	
Y	全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 4	
Y	JP 11-230803 A (株式会社山武) 1999. 08. 27	2	
	全文, 全図 (ファミリーなし)		
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 05. 04. 2004		国際調査報告の発送日 20. 4. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 森口正治	2F 9403
		電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 8-201131 A (株式会社日立製作所) 1996. 08. 09 全文, 全図 (ファミリーなし)	4